

# ANALISIS AKURASI KETELITIAN VERTIKAL MENGGUNAKAN FOTO UDARA HASIL PEMOTRETAN PESAWAT TANPA AWAK UNTUK PEMBENTUKAN *DIGITAL TERRAIN MODEL (DTM)*

Yulia Savira Rachma<sup>\*)</sup>, Yudo Prasetyo, Bambang Darmo Yuwono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : yuliasavira24@gmail.com

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin modern, membuat kebutuhan akan data geospasial dituntut untuk dapat memberikan suatu informasi mengenai posisi dan ruang dari keadaan *real world*, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkanlah suatu cara atau teknik pemetaan yang cepat dan efisien namun tidak mengabaikan aspek ketelitiannya. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri kamera non metrik yang biasanya merupakan hasil pemotretan UAV. Salah satu data primer yang dihasilkan dari foto udara tersebut berupa data kontur yang dapat dibentuk dari *Digital Terrain Model (DTM)*. Diperlukan metode pembentukan DTM yang cepat dan efisien untuk mempercepat memenuhi kebutuhan peta dasar. Metode yang digunakan untuk filterisasi DSM menjadi DTM dapat dilakukan dengan cara klasifikasi *point clouds*. Klasifikasi dilakukan secara semi otomatis dengan menggunakan algoritma *macro* dan untuk klasifikasi manual menggunakan bantuan ortofoto dan identifikasi tampak samping (*cross section*), selanjutnya DTM yang diperoleh dari foto udara hasil pemotretan UAV dibandingkan terhadap DTM yang diperoleh dari pengukuran Total Station. Data foto udara diperoleh dari pemotretan UAV pada tanggal 3 Juni 2017 di wilayah pertambangan kapur Desa Sidokelar, Lamongan. Hasil *georeferencing* didapatkan pergeseran nilai error terbesar adalah 1,05 cm yaitu pada GCP 2 dan nilai error terkecil adalah 5 mm yaitu pada GCP 6. Perbandingan ICP model dengan lapangan menunjukkan nilai selisih terbesar yaitu pada ICP 8 sebesar 0,9 cm dan pada ICP 2 sebesar 0,2 mm. Hasil DTM ekstraksi foto udara memiliki RMSE sebesar 0,778 meter serta dihasilkan nilai LE90 sebesar 1,284, sehingga berdasarkan Perka BIG No 15 tahun 2014 ketelitian DTM yang diperoleh masuk kedalam ketelitian skala 1:5000 pada kelas 2. Hal ini menunjukkan bahwa DTM hasil ekstraksi pengolahan foto udara dapat digunakan untuk keperluan pemetaan di wilayah pertambangan kapur Desa Sidokelar, Lamongan dengan skala 1:5000 atau yang lebih kecil.

**Kata Kunci** : DTM, Foto Udara Pemotretan UAV, Ketelitian Vertikal, Klasifikasi *point clouds*.

## ABSTRACT

*The development of an increasingly modern technology, creating the need for geospatial data required to be able to provide any information regarding the position and space from the State of the real world, to overcome this is needed a way or mapping techniques a fast and efficient but does not neglect the aspects of thoroughness. One of them is by utilizing the technology of Photogrammetry camera non metric or commonly known as aerial photography. One of the primary data resulting from aerial photography in the form of a contour data can be formed from the Digital Terrain Model (DTM). The DTM formation method is needed quickly and efficiently to speed up meets the needs of map basis. The research methods, namely filter DSM into DTM can by means of the classification of point clouds. Classification is done in a semi-automatic with the use of macros and algorithms for classification using manual help ortofoto identification and side view (cross section). Next DTM obtained from aerial photographs of small format compared against DTM obtained from measurements of Total Station. Aerial image data retrieved from the photo shoot the UAV on 3 June 2017 on the territory of Sidokelar village of limestone mining, Lamongan. The results obtained by georeferencing the shifting values of the largest error is 1.05 cm in GCP 2 and value of the smallest error is 5 mm in GCP 6. ICP comparison model with field shows the value of the largest difference in ICP 8 amounted to 0.9 cm and at ICP 2 of 0.2 mm. The results of the DTM extraction of aerial photographs have an RMSE of 0.778 meters as well as generated value LE90 of 1.284, so based on Perka BIG No. 15 years 2014 thoroughness DTM obtained precision scales belonging to the 1:5000 at grade 2. This shows that the DTM has a good vertical precision and can be used for the purposes of mapping in mining area of Sidokelar Village, Lamongan lime scale 1:5000 or smaller.*

**Keywords:** DTM, Aerial Photography, Vertical Accuration, Classification of point clouds

<sup>\*)</sup>Penulis Utama, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin modern membuat kebutuhan akan data geospasial dapat memberikan suatu informasi mengenai posisi dan ruang dari keadaan *real world*, sehingga dibutuhkanlah suatu cara atau teknik pemetaan yang cepat dan efisien namun tidak mengabaikan aspek ketelitiannya. Maka dari itu, untuk mewujudkannya dibutuhkanlah suatu teknologi yang dapat menghasilkan data *output* yang memiliki keakuratan tinggi, cepat dan menjangkau daerah yang luas. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri kamera non metrik hasil pemotretan dengan menggunakan pesawat tanpa awak salah satunya ialah *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Foto udara yang diambil menggunakan kamera non metrik ini tentunya tidak dapat langsung digunakan begitu saja sebelum distorsi yang ada terkoreksi dan pengolahan data dengan menggunakan metode fotogrametri yang benar sehingga diperoleh hasil pengukuran akurasi tinggi (Purwanto, 2017).

Melalui foto udara hasil pemotretan UAV nantinya akan didapatkan tiga data primer yaitu peta ortofoto, *Digital Surface Model* atau biasa disebut DSM dan data kontur. Pembuatan kontur detail umumnya diperoleh dengan melakukan pemetaan secara terestrial dan metode konvensional untuk mengekstrak *Digital Terrain Model* hasil *manual stereoplotting*. Pengerjaan dengan metode tersebut memerlukan waktu yang lama sehingga belum bisa memenuhi kebutuhan akan data geospasial yang terus bertambah. Melihat dari kelemahan metode tersebut, maka diperlukan upaya percepatan untuk menyediakan data dan informasi geospasial, dalam hal ini DTM sebagai unsur dasar yang dibutuhkan dalam pemetaan, sehingga diperlukanlah metode pembentukan DTM yang cepat dan efisien.

Kajian yang akan disajikan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu mengenai akurasi ketelitian vertikal yang didapatkan dari filterisasi DSM menjadi DTM. Filterisasi DSM menjadi DTM ini dilakukan dengan cara klasifikasi *point clouds*. Klasifikasi dilakukan secara semi otomatis dengan menggunakan algoritma *macro* dan untuk klasifikasi manual menggunakan bantuan ortofoto dan identifikasi tampak samping (*cross section*), selanjutnya DTM yang diperoleh dari foto udara hasil pemotretan UAV dibandingkan terhadap DTM yang diperoleh dari pengukuran Total Station. Syarat yang harus dipenuhi adalah nilai error ketinggian pada DTM tidak lebih besar dari ketelitian yang disyaratkan untuk skala tersebut, sehingga acuan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji ketelitian vertikal DTM adalah Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014 tentang Ketelitian Peta Dasar.

Penelitian tugas akhir ini memanfaatkan data pemotretan UAV yang telah dilakukan di wilayah pertambangan kapur yang berlokasi di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Lamongan, Jawa Timur dan

pemetaan dengan menggunakan Total Station serta pengukuran GPS terhadap titik – titik kontrol atau titik *benchmark* yang kemudian diikatkan dengan titik *benchmark* milik BIG supaya menghasilkan ketelitian titik kontrol yang lebih tinggi.

### I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun rumusan masalah yang digunakan ialah:

1. Bagaimana hasil *georeferencing* berdasarkan hasil ortofoto yang diperoleh?
2. Bagaimana pengaruh dari proses klasifikasi *point clouds* terhadap kualitas data kontur yang dihasilkan?
3. Bagaimana hasil ketelitian DTM dari data foto udara hasil pemotretan UAV berdasarkan Perka BIG No 15 Tahun 2014?

### I.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Aspek Keilmuan  
Ditinjau dari aspek keilmuan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi bahwa pembentukan DTM dapat dilakukan dengan cara filterisasi DSM yang didapatkan dari foto udara hasil pemotretan UAV.
2. Aspek Kerekayasaan  
Ditinjau dari aspek kerekayasaan, hasil dari penelitian yang berupa akurasi ketelitian vertikal yang didapat dari filterisasi DSM menjadi DTM diharapkan dapat menjadi pertimbangan mengenai penggunaan DTM foto udara hasil pemotretan UAV sebagai data referensi lain selain DTM hasil pengukuran terestris.

### I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Metode klasifikasi *point clouds* yang digunakan yaitu metode klasifikasi gabungan antara proses klasifikasi secara semi otomatis dengan menggunakan algoritma *macro* dan klasifikasi secara manual dengan bantuan ortofoto dan identifikasi tampak samping.
2. Proses klasifikasi dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas *ground*, kelas vegetasi dan kelas wilayah terbuka (area utama tambang).
3. Parameter yang digunakan pada perbandingan ketelitian DTM foto udara hasil pemotretan UAV terhadap DTM hasil pengukuran terestris adalah ketelitian vertikal (data ketinggian) yaitu dengan mencari nilai RMSEz terhadap data

- pembandingan yang dianggap benar yaitu DTM hasil pengukuran terestris.
4. Analisis kuantitatif yang dilakukan berupa perbandingan ketinggian antara DTM foto udara hasil pemotretan UAV terhadap DTM hasil pengukuran terestris.
  5. Analisis kualitatif berupa analisis ketelitian geometri berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 untuk menentukan skala yang mengakomodir ketelitian minimal dan optimal data.
  6. Pembentukan DTM dari data *point clouds* yang berasal dari foto udara diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper.
  7. Konversi nilai ketinggian dari DTM foto udara diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS.
  8. Jumlah titik GCP yang digunakan dalam penelitian sebanyak 6 buah dan 10 ICP dengan persebaran yang merata.

**I.5. Ruang Lingkup Penelitian**

Wilayah yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini ialah wilayah pertambangan kapur yang terletak di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dengan koordinat geodetis 6°52'59,56" LS - 6°53'51,48" LS dan 112°25'21,17" BT - 112°26'9,76" BT.



Gambar 1 Area tambang kapur Desa Sidokelar, Lamongan

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1. Kajian Geografis Wilayah Penelitian**

Data penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diperoleh dari PT Jelajah Survey Konsultan. Area tersebut merupakan area pertambangan kapur yang terletak di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Secara geografis wilayah pertambangan kapur tersebut terletak diantara 6°52'59,56" LS - 6°53'51,48" LS dan 112°25'21,17" BT - 112°26'9,76" BT.

Wilayah pertambangan kapur ini dikelola oleh PT Omya Indonesia yang merupakan anak perusahaan PT Omya yang berpusat di Negara Swiss, mempunyai luas area pertambangan secara keseluruhan sebesar ±40 hektar, sedangkan untuk area wilayah pada penelitian ini mencakup luas ±29 hektar.

**II.2. UAV Fotogrametri dan Prinsip Ortofoto**

Menurut Essenbeis (2008), *Unmanned Aerial Vehicle* fotogrametri merupakan sebuah metode baru dalam fotogrametri yang mengaplikasikan fotogrametri rentang dekat dengan wahana terbang, sehingga menciptakan alternatif baru yang lebih hemat biaya dibandingkan fotogrametri berawak klasik. Wahana ini menggunakan radio kontrol yang dapat dioperasikan baik secara manual, semi otomatis maupun otomatis tanpa perlu adanya pilot di dalam wahana. Semua proses mulai dari penerbangan wahana, kontrol jalur terbang dan pengambilan foto dapat dilakukan dari darat melalui kendali radio kontrol. Adapun keunggulannya yakni mudah pengoperasian, biaya relatif murah karena memanfaatkan peralatan fotografi non metrik. Kelemahan utama dari teknologi ini ialah ketidaksempurnaan sistem lensa kamera untuk keperluan pemetaan dan tidak cocok dipergunakan untuk daerah cakupan luas.

Ketelitian ortofoto terbagi pada dua hal yakni ketelitian ortofoto berdasarkan titik GCP dan ketelitian ortofoto berdasarkan titik ICP. Ketelitian foto udara berdasarkan titik GCP terkait pada proses transformasi koordinat foto ke koordinat lapangan yang mengacu pada standar dari ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*). Pada standar tersebut penentuan kelas ketelitian didasari pada ukuran piksel produk yang dihasilkan dikalikan dengan standar ukuran tiap masing-masing kelas akurasi dari foto udara seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Ketelitian ortofoto (ASPRS, 2014)

Kelas	Nilai RMSE
I	Ukuran piksel x 0,5
II	Ukuran piksel x 1
III	Ukuran piksel x 1,5
...	
N	Ukuran piksel x 0,5N

**II.3. Konsep Ketelitian Vertikal**

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya. *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasi lebih tinggi. *Linear Error 90%* (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut (BIG, 2014).

**II.4. Klasifikasi Point Clouds**

Data hasil foto udara diperoleh data ketinggian yang mencakup seluruh objek yang berada dibawah sensor kamera, termasuk bangunan dan vegetasi. Data ini yang kemudian perlu diolah untuk

menghasilkan nilai DTM, sehingga perlu dilakukan klasifikasi untuk mengelompokkan objek – objek tersebut kedalam beberapa kelas. Pengolahan fitur yang dilakukan berupa pengklasifikasian terhadap data *ground* dan *non ground point* (bangunan, area terbuka dan vegetasi), sehingga pada proses ini perlu menghilangkan fitur vegetasi, bangunan dan benda – benda *non ground* lainnya. Proses klasifikasi atau penyaringan dilakukan untuk memisahkan antara *point clouds* hasil pemantulan dari suatu jenis objek dengan jenis objek lainnya, maupun dengan hasil pemantulan dari permukaan tanah (Sithole, 2005). Tahap ini merupakan tahap penting karena mengolah data *point clouds* ke dalam kelas – kelas objek yang memiliki sifat, area, persebaran dan karakteristik yang berbeda – beda.

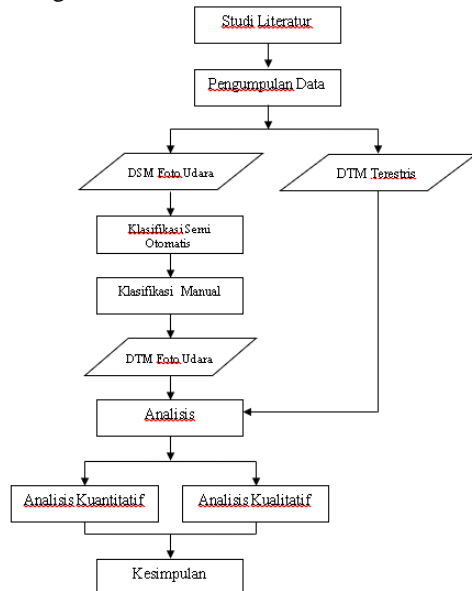
**II.5 Digital terrain Models (DTM)**

DTM pertama kali dikenalkan pada tahun 1950. Miller dan Laflamme memperkenalkan DTM di bidang Teknik Sipil. DTM yang dibuat untuk memonitor perubahan permukaan bumi, seperti erosi dan pergeseran tanah. DTM adalah representasi statistik yang sederhana dari permukaan kontinyu tanah dengan banyak titik-titik yang dipilih dengan diketahui koordinat X, Y dan Z pada sebuah bidang koordinat tertentu. DTM merupakan representasi digital sebagian permukaan bumi (Weibel dan Heller, 1991).

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1. Diagram Alir Penelitian**

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

**III.2. Peralatan dan Data Penelitian**

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Peralatan Pengolahan Data
  - A. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan adalah laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. *System Manufacturer* :ASUS
- b. *Operating Sytem* : Windows 10 pro 64-bit
- c. *Memory* : 4096MB RAM
- d. *Processor* :AMD FX-7600P Quad Core 2,7GHz

B. Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak yang digunakan adalah:

- a. Agisoft PhotoScan Professional 64bit
- b. AutoCAD Land Dekstop 2009
- c. Microstation V8i
- d. Global Mapper 15.0
- e. ArcGIS 10.1
- f. Microsoft Office 2010

2. Data penelitian

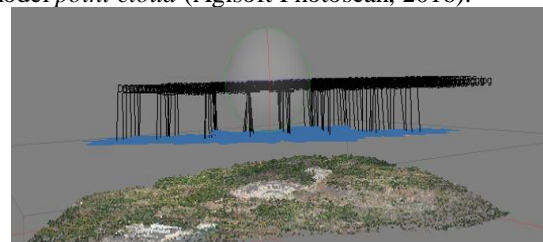
- a. Data foto daerah pertambangan kapur yang terletak di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur hasil pemotretan dengan wahana UAV tanggal 3 Juni 2017.
- b. Data lapangan daerah pertambangan kapur yang terletak di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur hasil survei terestris dengan menggunakan Total Station.
- c. Data koordinat GCP (*Ground Control Point*) area pemotretan foto udara.
- d. Batas area pengolahan atau AOI dalam format .dwg (AutoCad 2004).

**III.3. Pengolahan Data**

III.3.1. Ekstraksi DSM Foto Udara

Proses ekstraksi foto udara meliputi beberapa tahapan, diantaranya: proses *align photos* atau penggabungan foto udara, orthorektifikasi, proses *build dense*, *build mesh*, *build DEM* dan kemudian ekspor hasil pengolahan menjadi ortofoto dan DSM.

Foto udara yang telah diinputkan, kemudian dilakukan proses *align photos* yang bertujuan untuk menampalkan foto udara berdasarkan akuisisi dan tipe pertampalannya. Pada proses ini, Agisoft Photoscan secara otomatis akan mengidentifikasi posisi kamera dan orientasi pada tipe foto udara serta membentuk model *point cloud* (Agisoft Photoscan, 2016).



Gambar 3 Hasil align photos

Dilanjutkan proses orthorektifikasi yang bertujuan untuk memperbaiki kesalahan geometrik

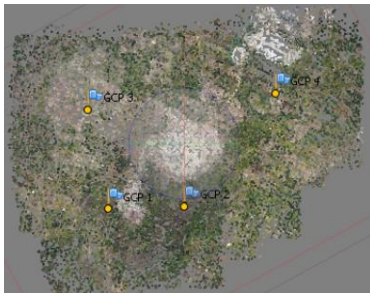
pada foto udara yang diakibatkan oleh pengaruh topografi, sensor geometrik dan kesalahan lainnya. Pada penelitian ini digunakan 6 GCP dan 10 ICP dengan toleransi RMSE ketelitian GCP tidak lebih dari 1 piksel. Daftar RMSE 6 GCP yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.

Markers	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 1	112.425101	-6.889489	86.915000	0.005000	0.065539	12	0.186	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 2	112.427639	-6.889402	82.148000	0.005000	0.089597	17	0.271	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 3	112.424413	-6.889190	63.891000	0.005000	0.016354	15	0.199	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 4	112.430677	-6.889649	50.113000	0.005000	0.032455	17	0.213	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 8	112.429216	-6.891329	63.197000	0.005000	0.033898	18	0.174	
<input checked="" type="checkbox"/> GCP 9	112.428262	-6.889478	55.802000	0.005000	1.056000	17	0.178	
<b>Total Error</b>								
Control points					0.433961		0.207	
Check points								

Gambar 4 Hasil RMSE GCP

Perangkat lunak Agisoft Photoscan memungkinkan untuk menghasilkan serta memvisualisasikan model dari kepadatan *point clouds* yang mengacu pada estimasi posisi kamera, dimana program ini menghitung informasi ketinggian pada setiap foto yang kemudian digabungkan kedalam satu titik atau satu *point cloud* yang padat. Proses *build dense* dapat dilakukan dengan cara memilih menu *workflow* kemudian klik sub menu *build dense*, dalam proses *build dense* ini terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan. Adapun hasil pemrosesan *build dense* dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil pemrosesan *build dense* dijadikan dasar dalam proses *build mesh* yang nantinya digunakan untuk pembentukan tiga dimensi sebagai dasar dalam pembentukan DSM, untuk melakukan proses *build mesh* dapat dilakukan dengan cara memilih sub menu *build mesh* pada menu *workflow* yang terdapat pada *taskbar*. Sama seperti proses *build dense*, proses *build mesh* sendiri terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan.



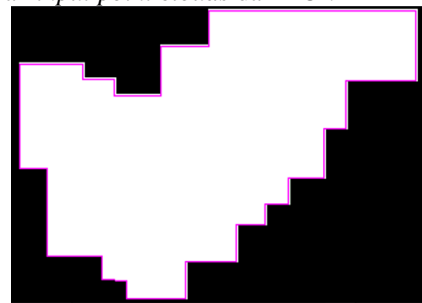
Gambar 5 Hasil build dense

Agisoft Photoscan memungkinkan untuk menghasilkan dan menyajikan DEM yang berupa data raster yang dapat berasal dari 3 data yaitu *dense clouds*, *sparse clouds* atau *mesh*. Namun hasil yang akurat apabila data masukannya berupa data *dense clouds*. Pemrosesan *build DEM* sendiri dapat dilakukan dengan cara mengklik sub menu *build DEM* pada menu *workflow*. Sama seperti pemrosesan *build dense clouds* dan *build mesh*. Hasil pemrosesan berupa DSM dan ortofoto kemudian diekspor menjadi format geoTIFF serta data *point clouds* diekspor menjadi format \*.LAS.

### III.3.2. Pembentukan DTM Foto Udara

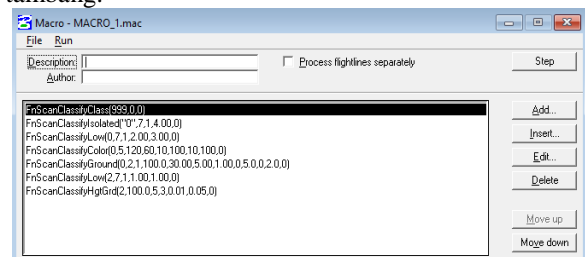
Raw data foto udara hasil proses awal pada komponen – komponennya berupa *point clouds* yang

belum terklasifikasikan, sehingga perlu dilakukan pemisahan data *point clouds* atau biasa disebut *point classification*, dimana pada penelitian ini *point clouds* dikelompokkan menjadi tiga kelas utama yaitu *ground*, penurunan vegetasi dan area tambang, karean tidak ada objek bangunan maka kelas *building* pada penelitian ini tidak dimasukkan. Tahap ini penting karena kualitas dari DTM yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh *point clouds* kelas *ground* yang berhasil dikelompokkan. Pada proses klasifikasi ini digunakan rumus *macro* yang terdiri dari beberapa algoritma yang disesuaikan dengan kondisi topografi wilayah penelitian. Sebelum dilakukan klasifikasi, perlu dilakukan *input point clouds* dan AOI.

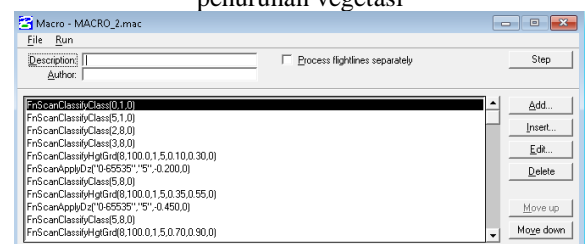


Gambar 6 Hasil import point clouds

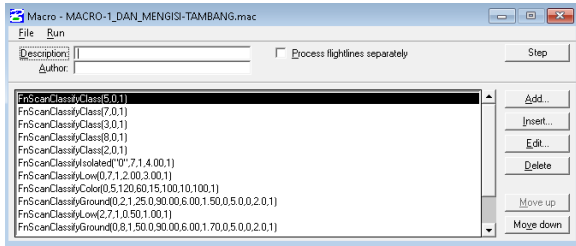
Algoritma yang disusun terdiri atas beberapa kelas dengan beberapa nilai parameter pada masing – masing kelasnya. Pemilihan kelas disesuaikan dengan *output* yang diinginkan. Pada penelitian ini, *output* yang ingin dihasilkan adalah DTM, sehingga hanya diperlukan kelas *ground* dan *non ground* saja, untuk kelas *non ground* dibagi menjadi dua yaitu kelas penurunan vegetasi dan area tambang. Pada penelitian ini digunakan tiga algoritma *macro* yaitu algoritma *macro* untuk penurunan vegetasi, kelas *ground* dan algoritma *macro* untuk area tambang.



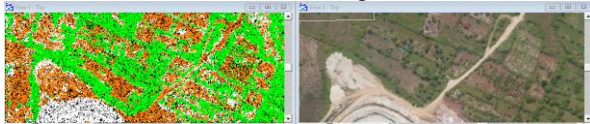
Gambar 7 Penyusunan algoritma macro untuk kelas penurunan vegetasi



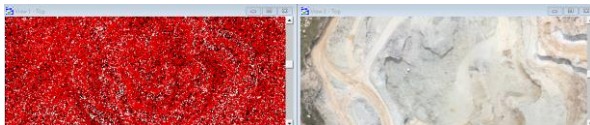
Gambar 8 Penyusunan algoritma macro untuk kelas penurunan ground



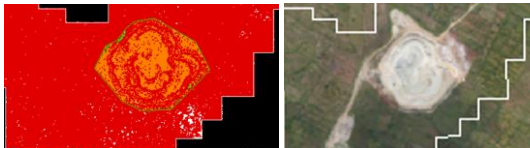
Gambar 9 Penyusunan algoritma macro untuk kelas area tambang



Gambar 10 Pengecekan kelas vegetasi terhadap ortofoto

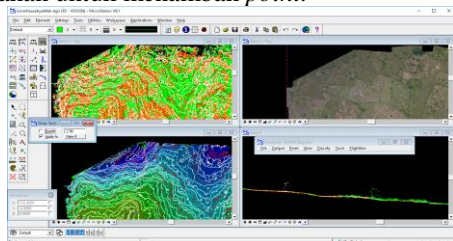


Gambar 11 Pengecekan kelas ground terhadap ortofoto



Gambar 12 Pengecekan kelas area tambang terhadap ortofoto

Data hasil pengklasifikasian secara semi otomatis dengan parameter yang telah ditetapkan, tidak menjamin bahwa *point cloud* telah terklasifikasi dengan benar. Oleh karena itu dilakukan pengecekan dengan cara klasifikasi manual untuk memastikan semua data sudah berada pada kelas yang sesuai. Pada proses ini dilakukan pengecekan *point clouds* secara visual dari tampak samping dengan bantuan ortofoto. Apabila ada pengecekan penampang melintang dari *point clouds* tersebut ditemukan hasil klasifikasi tidak sesuai, maka *point clouds* dapat dipindahkan ke dalam kelas yang seharusnya. Proses klasifikasi ini menggunakan dua *tools* diantaranya *classify using brush* yang berguna untuk mengklasifikasikan *point* dari kelas satu ke kelas yang lain dengan menggunakan *brush* dan *add synthetic point* yang digunakan untuk menambah *point*.



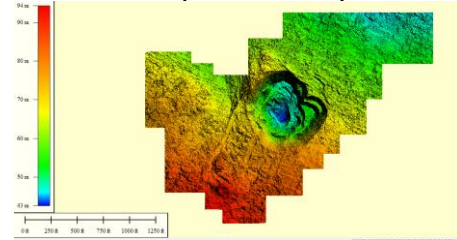
Gambar 13 Tampilan saat proses klasifikasi manual

Proses selanjutnya dilanjutkan dengan proses pembuatan DTM data *point cloud* hasil pengolahan perangkat lunak Microstation pada perangkat lunak Global Mapper. Langkah pertama menginput file AOI format .shp dan file data *point cloud* dengan cara pilih file lalu pilih *open data file*. Gambar 14 menunjukkan

tampilan file AOI dan *point cloud* yang telah terbuka di Global Mapper.

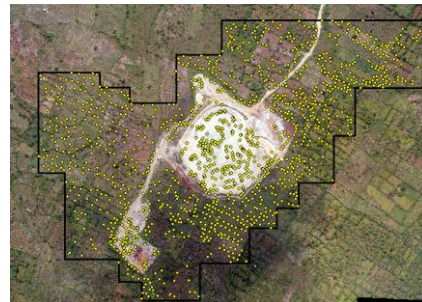


Gambar 14 Tampilan AOI dan *point clouds*

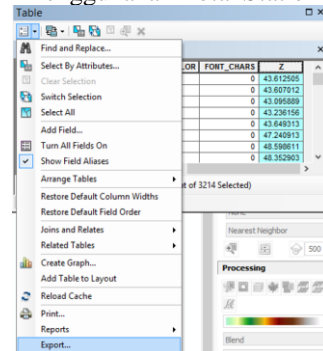


Gambar 15 Tampilan DTM

Setelah DTM hasil ekstraksi foto udara diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi nilai z DTM tersebut dengan cara melakukan konversi nilai z pada perangkat lunak ArcGIS. Langkah pertama, melakukan *add data* DTM dari ekstraksi foto udara dan data *shapefile* titik topografi hasil pengukuran menggunakan Total Station.



Gambar 16 Persebaran titik hasil pengukuran menggunakan Total Station

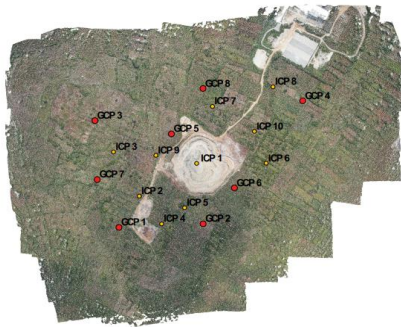


Gambar 17 Konversi nilai z

#### IV. Hasil dan Pembahasan

##### IV.1. Hasil dan Analisis Ortofoto

Hasil pembentukan ortofoto dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18 Tampilan ortofoto

Berdasarkan *report* pada perangkat lunak Agisoft, ortofoto pada gambar 18 terbentuk dari 90 foto dengan tinggi terbang sebesar 322 meter dan luas area yang tercakup sebesar 1,16 km<sup>2</sup>. Berdasarkan tinggi terbang rata-rata dengan resolusi kamera sebesar 16 mm, maka didapatkan resolusi spasial sebesar 8,82cm/piksel. Secara visual, resolusi spasial tersebut dapat memberikan informasi yang lebih detil seperti dalam identifikasi pemukiman, jalan setapak hingga objek berukuran kecil seperti *benchmark*. Perbedaan visualisasi pada hasil ortofoto dengan kondisi lapangan dapat dilihat pada gambar 19. Selain dilihat pada besar tinggi terbang rata-rata dan resolusi kamera, hasil resolusi ortofoto yang baik juga dapat dilihat pada RMSE titik GCP pengolahan foto udara. Hasil RMSE titik GCP pengolahan foto udara dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.



Gambar 19 Perbandingan visualisasi di ortofoto dan lapangan

Tabel 2 RMSE horizontal titik GCP

Titik	DX (m)	DY (m)	DX <sup>2</sup> (m)	DY <sup>2</sup> (m)	DX <sup>2</sup> + DY <sup>2</sup>
GCP 1	0,077	0,023	0,00593	0,00053	0,006
GCP2	-0,105	-0,088	0,01103	0,00774	0,019
GCP 3	-0,049	0,023	0,00240	0,00053	0,003
GCP 4	-0,006	0,037	0,00004	0,00137	0,001
GCP 5	0,085	-0,041	0,00723	0,00168	0,009
GCP 6	-0,005	0,05	0,00003	0,00250	0,003
Jumlah					0,041
RMSE (m)					0,0083

Berdasarkan pemaparan pada Tabel 2 dan Tabel 3 didapatkan RMSE horizontal sebesar 0,0083 meter dan RMSE vertikal sebesar 0,0027 meter. Sedangkan untuk mengetahui kualitas hasil ortorektifikasi, dilakukan konversi nilai resolusi spasial yang mengacu pada Tabel 1 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 RMSE vertikal titik GCP

Titik	DZ (m)	DZ <sup>2</sup> (m)
GCP 1	0,023	0,00053
GCP2	0,011	0,00012
GCP 3	-0,043	0,00185
GCP 4	0,007	0,00005
GCP 5	0,024	0,00058
GCP 6	-0,037	0,00137
Jumlah		0,00449
RMSE (m)		0,0027

Tabel 4 Ketelitian ortofoto berdasarkan ASPRS (2014)

Kelas	Nilai RMSE (m)
I	0,0441
II	0,0883
III	0,1323

Mengacu pada Tabel IV-3, maka ketelitian ortofoto secara horizontal dan vertikal masuk pada kelas I.

Ketelitian ortofoto ini digunakan untuk mengetahui kualitas ortofoto yang dihasilkan dari pengolahan foto udara yang mengacu pada Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014 dan diterapkan pada titik ICP sebagai *check point*. Hasil RMSE titik ICP secara horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 RMSE horizontal titik ICP

Titik	DX (m)	DY (m)	DX <sup>2</sup> (m)	DY <sup>2</sup> (m)	DX <sup>2</sup> + DY <sup>2</sup>
ICP 1	0,00522	0,00314	0,000027	0,000010	0,00004
ICP 2	0,00021	-0,0003	0,000000	0,000000	0,00000
ICP 3	0,00352	0,00212	0,000012	0,000004	0,00002
ICP 4	0,0126	-0,057	0,000159	0,003249	0,00341
ICP 5	-0,026	0,0023	0,000676	0,000005	0,00068
ICP 6	0,00254	-0,0066	0,000006	0,000044	0,00005
ICP 7	0,00202	-0,0038	0,000004	0,000014	0,00002
ICP 8	0,099	-0,0353	0,009801	0,001245	0,01105
ICP 9	0,00462	-0,0066	0,000021	0,000044	0,00007
ICP 10	0,0529	0,0128	0,002798	0,000164	0,00296
Jumlah					0,01828
RMSE (m)					0,1007

Mengacu pada hasil perhitungan CE 90 dan LE 90, menunjukkan bahwa ketelitian geometrik ortofoto berada dibawah 0,2 dan memenuhi standar ketelitian untuk peta skala 1:1.000 dan masuk pada kelas I baik secara horizontal maupun vertikal. Hal ini menunjukkan bahwa hasil ortofoto yang dibentuk memiliki ketelitian yang baik secara horizontal maupun vertikal.

Tabel 6 RMSE vertikal titik ICP

Titik	DZ (m)	DZ <sup>2</sup> (m)
ICP 1	0,0522	0,002725
ICP 2	0,002	0,000004
ICP 3	0,0352	0,001239
ICP 4	0,0126	0,000159
ICP 5	-0,026	0,000676
ICP 6	0,0254	0,000645
ICP 7	0,0202	0,000408
ICP 8	0,0994	0,009880
ICP 9	0,0462	0,002134
ICP 10	0,0529	0,002798
Jumlah		0,02067
RMSE (m)		0,0849

Tabel 7 Hasil perhitungan CE 90

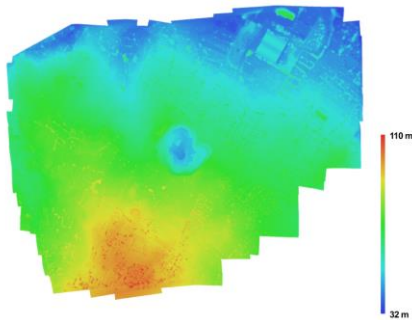
RMSE <sub>hor</sub> (m)	CE 90 (m)	Skala Peta	Kelas
0,1007	0,1528	1:1000	1

Tabel 8 Hasil perhitungan LE 90

RMSE <sub>ver</sub> (m)	LE 90 (m)	Skala Peta	Kelas
0,0849	0,1401	1:1000	1

#### IV.2. Hasil dan Analisis DSM Foto Udara

Hasil pembentukan DSM yang dibentuk dari ekstraksi foto udara dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20 Tampilan DSM foto udara

Berdasarkan DSM yang telah terbentuk, dapat diketahui bahwa tinggi maksimal wilayah pertambangan kapur di Desa Sidokelar yaitu 110 meter dan tinggi minimalnya berada pada ketinggian 32 meter, sehingga didapatkan tinggi rata-ratanya adalah 71 meter. Resolusi DSM yang didapatkan adalah 16,1 cm/piksel dan kerapatan titik interpolasi sebesar 38,7 titik/m<sup>2</sup>. Resolusi dari DSM ini berbeda dengan resolusi ortofoto, hal ini disebabkan karena ortofoto merupakan penggabungan foto udara hasil akuisisi, sedangkan DSM merupakan hasil dari proses interpolasi *point clouds* ekstraksi foto udara.

**IV.3 Hasil dan Analisis DTM foto udara**

Setelah dilakukan proses pembuatan DTM (*Digital Terrain Model*) dari titik-titik (*point clouds*) hasil proses klasifikasi manual yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Microstation, dilanjutkan dengan proses perhitungan selisih nilai elevasi dari setiap titik yang dihasilkan terhadap nilai elevasi setiap titik dari hasil pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan Total Station. Pada tahap perhitungan selisih nilai elevasi ini, nilai elevasi yang didapat dari hasil pengukuran Total Station dianggap sebagai nilai yang benar (*fix or true value*) sehingga dijadikan sebagai referensi dalam perbandingan. Jumlah titik yang diambil untuk perhitungan selisih nilai elevasi DTM ekstraksi foto udara terhadap data Total Station sebanyak 887 titik.

Perhitungan perbandingan nilai elevasi didapatkan nilai selisih terbesar yaitu sebesar 10,544 meter, sedangkan untuk nilai selisih terkecil yaitu sebesar 0,0001 meter atau sebesar 1 mm, sedangkan untuk rata-rata selisih nilai elevasi data kontur UAV terhadap data topo sebesar 0,6 meter. Dari perhitungan selisih nilai elevasi data UAV terhadap data hasil pengukuran Total Station didapatkan nilai RMSE sebesar 0,778 meter. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, maka nilai toleransi dalam perhitungan ini sebesar 0,5 meter, yang diperoleh dari perhitungan 0,5 x interval kontur minor sebesar 1 meter. Sedangkan dapat diketahui bahwa ketelitian vertikal dari nilai elevasi yang didapatkan dari ekstraksi foto udara dibandingkan terhadap nilai elevasi sebenarnya dari pengukuran Total Station sebesar 0,778 meter sehingga nilai elevasi hasil ekstraksi foto udara belum baik karena nilainya lebih besar dibanding nilai toleransi yang diberikan. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, nilai

LE 90 sebesar 1,284 masuk kedalam ketelitian skala 1:5.000 pada kelas 2.

Tabel 9 Hasil perhitungan LE90 DTM hasil ekstraksi foto udara

RMSE (m)	LE 90 (m)	Skala Peta	Kelas
0,778	1,284	1:5.000	2

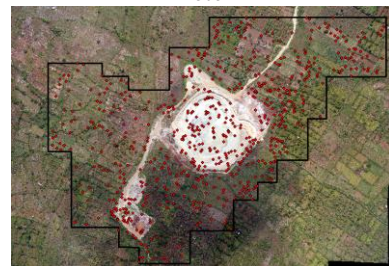
Hal ini menunjukkan bahwa DTM hasil ekstraksi pengolahan foto udara memiliki ketelitian vertikal yang baik sehingga untuk selanjutnya DTM foto udara dapat digunakan untuk keperluan pemetaan dengan skala 1:5.000 atau yang lebih kecil. Tidak disarankan DTM hasil ekstraksi pengolahan foto udara digunakan pada skala lebih besar dari 1: 5.000. Hasil ketelitian DTM foto udara dipengaruhi oleh hasil dari klasifikasi yang dilakukan pada perangkat lunak Microstation.

**IV.4. Identifikasi Selisih Nilai Elevasi Terhadap Kondisi Topografi Sebenarnya**

Kondisi topografi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi variasi selisih nilai elevasi data hasil pengolahan foto udara terhadap data hasil pengukuran Total Station. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses identifikasi terhadap kondisi topografi yang bersangkutan. Parameter yang digunakan dalam penentuan besarnya nilai selisih elevasi yang dijadikan sampel dapat disesuaikan dengan kehendak masing-masing atau disesuaikan dengan tujuan pengukuran. Nilai parameter selisih elevasi yang ditentukan dalam proses identifikasi ini yaitu dengan mengambil sampel dari titik-titik yang memiliki selisih nilai elevasi yang cukup besar, yaitu >0,5 meter dan titik-titik yang memiliki selisih nilai elevasi yang cukup kecil yaitu < 0,5 meter. Parameter sebesar 0,5 meter ini ditentukan berdasarkan besarnya nilai toleransi.



Gambar 21 Titik – titik dengan selisih kurang dari 0,5 meter

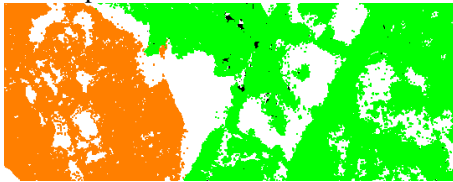


Gambar 22 Titik – titik dengan selisih lebih dari 0,5 meter

Setelah melakukan tahapan identifikasi terhadap titik-titik yang memiliki selisih nilai kontur yang cukup besar yaitu >0,5 meter, dapat diketahui bahwa



titik-titik tersebut terletak pada area pertambangan. Salah satu faktor yang menyebabkan hal ini terjadi adalah berkurangnya jumlah titik-titik yang menyusun stuktur topografi daerah pertambangan tersebut. Berkurangnya jumlah titik-titik ini diketahui setelah dilakukan pengecekan terhadap data titik awal hasil proses *export* dari perangkat lunak Agisoft. Hal ini dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah titik-titik yang terletak di area tersebut terhapus ketika proses *editing contour* atau saat pengklasifikasian secara manual dengan menggunakan *classify using brush*, serta titik-titik tersebut masuk dalam kelas lain dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma *macro*. Adapun contoh *point clouds* yang masuk dalam kelas lain dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23 Contoh klasifikasi yang kurang tepat



Gambar 24 Tampilan ortofoto

Dapat dilihat pada Gambar 23, *point clouds* yang berwarna putih menunjukkan bahwa *point clouds* tersebut terklasifikasikan sebagai *low point* padahal apabila dicocokkan dengan ortofoto, secara visual *point clouds* tersebut seharusnya terklasifikasikan sebagai *ground*. Hal ini bisa saja terjadi, karena di sekitar wilayah tambang ada tumpukan kapur hasil pertambangan dan pada proses klasifikasi menganggap bahwa tumpukan kapur tersebut merupakan permukaan tanah atau *ground* yang sesungguhnya sehingga *ground* yang berada dibawah tumpukan kapur dianggap sebagai *low point*. Maka dari itu, pada saat proses klasifikasi dengan algoritma *macro* dianjurkan untuk melakukannya berulang kali karena proses klasifikasi semi otomatis ini merupakan proses *trial and error*.

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil *georeferencing* didapatkan pergeseran nilai error terkecil adalah 1,05 cm pada GCP 2 dan proyeksi error terkecil adalah 5 mm yaitu pada GCP 6. Perbandingan ICP model dengan lapangan menunjukkan nilai selisih terbesar yaitu pada ICP 8 sebesar 0,9 cm dan pada ICP 2 sebesar 0,2 mm.
2. Kualitas data kontur yang dihasilkan dari foto udara hasil pemotretan UAV dibandingkan terhadap hasil pengukuran dengan Total Station di wilayah

pertambangan kapur Desa Sidokelar, Lamongan diperoleh hasil yang tidak memenuhi toleransi dimana besar RMSE yang diperoleh lebih besar dari nilai toleransi yang ditentukan (0,5 meter) yaitu sebesar 0,778 meter. Selisih nilai elevasi terbesar yaitu 10,544 m dan selisih nilai elevasi terkecil sebesar 1 mm.

3. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, nilai LE 90 yang didapat sebesar 1,284 masuk kedalam ketelitian skala 1:5000 pada kelas 2. Hal ini menunjukkan bahwa DTM hasil ekstraksi pengolahan foto dapat digunakan untuk keperluan pemetaan di wilayah pertambangan kapur Desa Sidokelar, Lamongan dengan skala 1:5000 atau yang lebih kecil. Tidak disarankan DTM hasil ekstraksi pengolahan foto udara digunakan pada skala lebih besar dari 1: 5000.

### V.2 Saran

Meninjau dari kesimpulan yang diperoleh, adapun saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Ketelitian serta kesabaran selama proses pengklasifikasian secara manual, sangat penting dilakukan guna mencegah terhapusnya titik – titik yang menyusun suatu topografi tertentu karena akan berpengaruh terhadap kualitas DTM yang dihasilkan.
2. Kemampuan interpretasi dalam proses pengklasifikasian sangat diperlukan, karena analisa titik hasil klasifikasi memerlukan proses dan ketrampilan lebih terutama dalam penggunaan algoritma *macro*.
3. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah hilangnya atau terhapusnya *point* yang berada pada area terbuka atau pada area tanpa objek yang menutupi tanah yaitu selalu memperhatikan keadaan kursor selama proses pengklasifikasian dengan menggunakan tools “*Classify Using Brush*”, serta dengan memperhatikan ketepatan dalam pembuatan dan penggunaan rumus *macro* untuk proses klasifikasi.
4. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu berupa 4 titik GCP yang tidak terdapat *premark*, sehingga diharapkan pada penelitian berikutnya harus diperhatikan betul mengenai kelengkapan data.
5. Apabila memungkinkan, dalam pemilihan lokasi penelitian sebaiknya memilih lokasi yang mudah dijangkau agar mempermudah kelengkapan data penunjang, seperti persebaran titik kontrol serta validasi lapangan.

6. Pada pemilihan perangkat lunak, sebaiknya juga memperhatikan spesifikasi dan kemampuan dari perangkat keras karena untuk proses penurunan DTM biasanya membutuhkan kemampuan *processing* yang tinggi.

**Daftar Pustaka**

- Agisoft. 2016. Agisoft PhotoScan *User Manual Professional Edition*, Version 1.2.0, Copyright Agisoft LLC
- ASPRS (*American Society for Photography and Remote Sensing*). 2014. *Digital Elevation Model Technologies and Application : The DEM Users Manual*, 2nd Edition, edited by David F. Maune, Bethesda, Maryland.
- BIG (Badan Informasi Geospasial). 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Eisenbeiss, H., 2008. *The autonomous mini helicopter: a powerful platform for mobile mapping*. IAPRS&SIS, Vol. 37(B1), Beijing, China, hal. 977-983
- Purwanto, T. F., 2017. Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting. *Majalah Geografi Indonesia* Vol. 31 No. 1., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sithole, G., 2005, *Segmentation and classification of Airborne Laser Scanner Data*, Netherland Geodetic Commission, Delft, The Netherland
- Weibel, R., dan Heller, M., 1991, *Digital Terrain Modelling*, Longman, London.